

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
Hornicko-geologická fakulta
INSTITUT ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ



GEOTERMIE

Geothermal Energy

bakalářská práce

Autor:

Robin Liška

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Urban, Ph.D.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student:

Robin Liška

Studijní program:

B2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů

Téma:

Geotermie
Geothermal Energy

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl bakalářské práce
2. Princip geotermie, vrtací technika a používané technologie
3. Ekologická stránka geotermie
4. Geotermie v běžném životě a v praxi
5. Výhody a využití geotermie, efektivita a ekonomická návratnost GT
6. Budoucnost GT
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Zákon č.44/1988 Sb.ve znění novel.
2. Zákon č.61/1988 Sb.ve znění novel.
3. Zákon č.62/1988 Sb. ve znění novel.
4. Vyhláška ČBÚ č.71/2002 Sb..
5. Technická dokumentace,legislativa ČR ke Geotermii.
6. <http://drilling.suply.info>.
7. <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/geotermalni-energie-v-cr-zapomenute-teplo-z-hlubin>.
8. <http://cs.wikipedia.org>.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Urban, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2011

Datum odevzdání: 30.04.2012

prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu



prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou bakalářskou práci včetně příloh jsem vypracoval samostatně a uvedl všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. 4. 2012

Robin Liška

.....

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce, **panu Ing. Petru Urbanovi, Ph.D.**, za cenné rady, připomínky a komentáře při zpracování mé bakalářské práce.

Taktéž bych chtěl poděkovat firmě **Drilling trade s.r.o.** za ochotu a možnost získat důležité informace a vyfotografovat si spoustu používané vrtací techniky.

Anotace:

Předložená bakalářská práce se zaměřuje na téma Geotermie. Ve vybraných kapitolách bude popsána historie a obecný princip geotermie, vrtací technika a technologie při využívání geotermie. Část bude věnována stránce ekologické, která je velice důležitá. V dalších kapitolách je pak popsána geotermie v běžném životě a její využití, efektivita a ekonomická stránka. Na závěr budou zhodnoceny výhody a budoucnost tohoto alternativního zdroje energie.

Klíčová slova: Geotermie, tepelné čerpadlo, systém, vrtací technika

Summary:

This bachelor thesis is focuses on the geothermal energy. In selected chapters will be describe history and general principle of geothermal energy, dribling technic and technology in the use of geothermal energy. Part of this bachelor thesis will be devoted to environmental site, which is very important. In the next chapters there is described geothermal energy in ordinary life, it's application, efficiency and economic aspect. In the end the advantages and the future of this alternative energy source will be evaluated.

Keywords: Geothermal energy, heat pump, systém, drilling equipment

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	PRINCIP	2
2.1	Fyzikální charakteristika tepla	2
2.2	Přenos tepla	2
2.2.1	Přenos tepla vodou	3
2.2.2	Přenos tepla plyny	3
2.3	Geotermický stupeň a tepelný gradient	3
2.4	Klasifikace geotermálních zdrojů	4
2.4.1	Geochemické dělení	4
2.4.2	Teplovní dělení	6
2.4.3	Geologické dělení	6
2.5	Vrtací technika	6
2.6	Používané technologie	10
2.6.1	Země/voda	10
2.6.2	Vzduch/voda	11
2.6.3	Voda/voda	12
3	EKOLOGICKÁ STRÁNKA	13
3.1	Ekologická stránka u velké produkce	14
3.2	Ekologická stránka u soukromé produkce	15
3.3	Environmentální aspekty vs. technické využití	16
4	GEOTERMIE V ŽIVOTĚ A V PRAXI	17
4.1	Geotermální lázně	17
4.2	Tepelná čerpadla	17
4.3	Výroba elektrické energie	18
4.3.1	Ve světě	18

4.3.2	Česká republika	18
5	VÝHODY, NEVÝHODY A VYUŽITÍ GEOTERMIE, EFEKTIVITA A EKONOMICKÁ NÁVRATNOST	19
5.1	Výhody	19
5.2	Nevýhody	19
5.3	Využití	20
5.4	Efektivita a ekonomická návratnost	24
5.4.1	Investice do tepelného čerpadla	24
5.4.2	Investice a její návratnost	24
6	BUDOUCNOST	26
6.1	Česká republika	26
7	ZÁVĚR	27
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	29
	SEZNAM OBRÁZKŮ	31

1 ÚVOD

Geotermální energii považujeme za obnovitelnou energii, protože zdrojem je zbytkové teplo ze země a teplo, které se neustále uvolňuje při radioaktivním rozpadu hornin. Zájem o alternativní zdroje energie, geotermální energie také, je motivovaný postupným vyčerpáváním zásob tradičních energetických zdrojů. [1]

Mezi alternativní energie se řadí například energie solární, větrná, přílivová, spalování biomasy a v neposlední řadě energie mořských vln a nádrže s hydroelektrárnami. Přitom geotermie se řadí mezi obor s největší perspektivou v tomto úseku alternativních zdrojů.

Zemské teplo je velice atraktivní zdroj obnovitelné alternativní energie. Zájem o ně byl podnícen nutností omezit emise oxidu uhličitého a s tím spjatým globálním oteplováním. Využívání takové energie neprovázejí ani další nepříznivé důsledky jako třeba spalování fosilních paliv, a proto jde o energii naprosto ekologickou a čistou. [8]

Původ zemského tepla, jeho hromadění a vztahy k okolnímu prostředí, je velice úzce spjat s geologií. Ta, jak známo, se zabývá především historií Země a procesy, které po toto dlouhé období probíhaly. Samozřejmě zkoumá i pochody současné a podle hesla „současnost je klíčem k minulosti“ se snaží porozumět geologickým procesům geologické historie. Moderní geologie se dokonce snaží, a to s úspěchem, posoudit, jak budou geologické procesy vypadat v bližší i daleké budoucnosti. Toto platí také pro geotermiku. [8]

Geotermální energie v podstatě představuje veškerou tepelnou energii obsaženou v zemském tělese. Zdrojem této energie je jednak zbytkové teplo zemského tělesa, které se zde uchovalo ze vzniku země, tlak hornin a hlavně rozpad radioaktivních izotopů (^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K aj.). Vzhledem ke krátkému poločasu rozpadu už izotopy některých prvků neprodukují žádnou energii. Ovšem podle některých zdrojů a odhadů je původ vnitřní teploty zemské koule spatřován v pomalém, ale pozvolném zhušťování zemské hmoty a v minimálním měřítku z radioaktivních rozpadů a ve slapovém tření. [2]

Geotermální energie zahrnuje petrotermální zdroje (zásoby tepla uložené v horninách) a hydrotermální zdroje (parovodní směsi, páru a termální vody o různých teplotách). Odhaduje se, že množství tepla, které každoročně vystupuje z hlubin země, je v řádech desítek miliard m^3 ropy. Ohromný potenciál podtrhává i komplexní využití této energie. Od výroby elektrické a tepelné energie, po těžbu cenných látek jakými jsou bor, brom, jod, lithium, rubidium, cesium aj. [2]

2 PRINCIP

2.1 Fyzikální charakteristika tepla

Teplo je energetickým projevem pohybu malých částic hmoty, tudíž mírou těchto projevů je kinetická energie. Tepelná energie je z fyzikálního hlediska v podstatě vlněním, což znamená neuspořádaný pohyb molekul, které proudí z teplejších k chladnějším místům. Čím je těleso teplejší, tím jsou jeho molekuly rychlejší. Různé chování látek při zahřívání se nazývá specifické teplo. Hodnota specifického tepla je závislá na stavu hmoty, jako hornin, kapalin a plynů, dále na tlaku. Tímto se zabývá termodynamika. Obecně platí zákon o zachování energie, což znamená, že energie nemůže být vytvořena, ani nemůže zaniknout. Může jen přecházet z jedné podoby do druhé. Jakýkoli druh energie, tj. tepelná, mechanická, elektrická i magnetická může být přeměněn na teplo. Tepelnou energii nelze však beze zbytku přeměnit v jiné druhy energie, vzhledem k tomu, že mají látkovou entropii a nedovolují úplnou přeměnu energie. [8]

2.2 Přenos tepla

Zemské teplo vždy proudí z tělesa teplejšího na chladnější. Tepelná energie se šíří v prostředí dvěma způsoby - vedením (kondukcí) nebo prouděním (konvekcí). Pro nás zajímavější konvekce je typická pro plyny a kapaliny, zatímco kondukce pro tělesa pevná. Konvekční proudy jsou typické pro plastické vulkanické horniny. Toto využívání geotermální energie prouděním je ovšem velice mladé. [8]

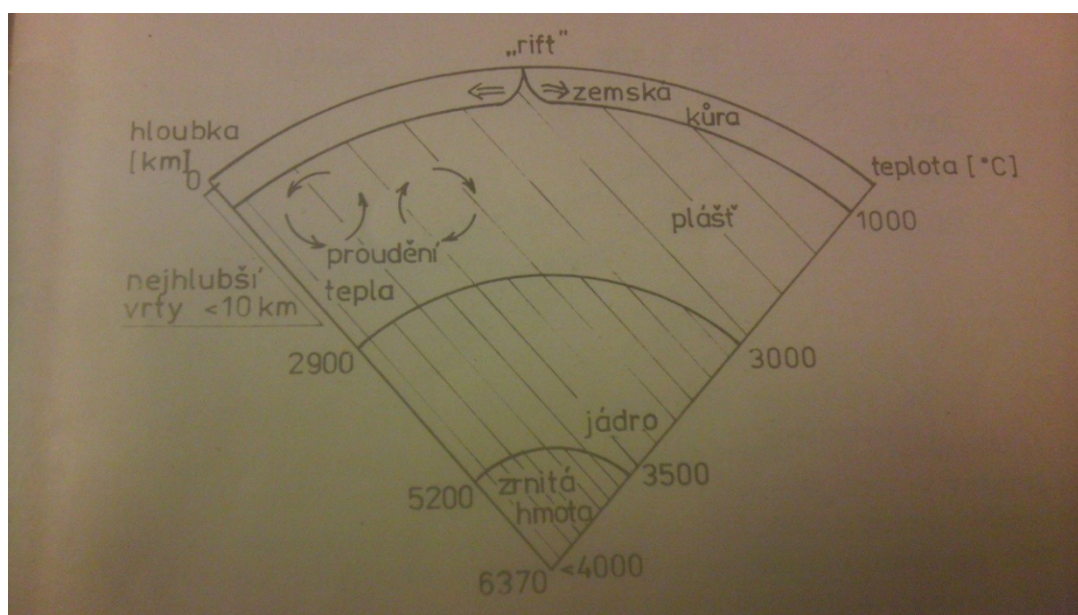
2.2.1 Přenos tepla vodou

Teplé vody geotermálních systému jsou většinou meteorického původu. Několik kilometrů pod zemským povrchem dosahuje teplota vod až k 200°C, ale jejich varu brání vysoké hodnoty tlaku. Při poklesu tlaku voda vaří a uniká ve formě vodní páry. [7]

2.2.2 Přenos tepla plyny

Podle nových studií mají na přenos tepla vliv nejen kapaliny, ale i plyny. Konkrétně oxid uhličitý, který je schopen měnit své specifické vlastnosti v závislosti na teplotě a tlaku. Při zvyšování teploty zvětšuje svůj objem až padesátinásobně. Tento proces zrychluje proces přenosu tepla směrem k povrchu země, protože plyn snadno proniká malými prostory v zemské kůře. [7]

2.3 Geotermický stupeň a tepelný gradient



Obrázek č. 1: Struktura Země a rozdělení teplot

Měření teplot v dolech a vrtech nám umožnilo charakterizovat takzvaný geotermický stupeň. Je to počet metrů, o které musíme sestoupit pod povrch, aby teplota stoupla o 1°C. Průměrná hodnota geotermického stupně je 33 m. To znamená, že každých 100 m hloubky stoupne teplota zhruba o 3°C. Je potřeba počítat s neutrálním pásmem blízko povrchu, kde se teploty nemění, protože jsou

ovlivňovány vnějšími vlivy. V tektonicky aktivních oblastech je geotermický stupeň nižší, zhruba 5 m. Nižší bývá také v oblastech se snadno oxidujícími rudními i nerudnými ložisky. Teplotní údaje z nedosažitelných hloubek jsou vypočteny pomocí geofyzikálních modelových výpočtů. V oceánské kůře roste teplota rychleji než v kůře kontinentální (viz tabulka č. 1). [8]

Tabulka č. 1: Růst teploty s hloubkou v kontinentální a oceánské kůře

Hloubka pod povrchem	Teplota v °C	
	Uprostřed kontinentu	Uprostřed oceánu
50km	500	750
100km	750	1100
200km	1100	1600
300km	1200	1650
400km	1400	1750

2.4 Klasifikace geotermálních zdrojů

Geotermální zdroje se dělí podle několika kritérií - geochemického, geologického a teplotního.

2.4.1 Geochemické dělení

U dělení geochemického je základem celkový obsah rozpuštěných solí. Ten má přímý vliv na využití geotermálních zdrojů. Má negativní vliv na životní prostředí, zvláště v případě sloučenin rtuti a arsenu, které bývají velice škodlivé již při nízkých koncentracích. Ve vodách máme nejčastěji rozpuštěny CaCO_3 , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , aj. Geotermální zdroje také často způsobují korozi zařízení.

Pro příklad lze uvést chemickou analýzu geotermální vody z Warm Springs v USA (viz tabulka č. 2).

Tabulka č. 2: Chemická analýza geotermální vody z Warm Springs

Látka	Koncentrace mg/l
SiO ₂	88
Ca	2,0
Mg	0,5
Na	83
K	1,7
P	0,16
Cl	10
F	18
Hydrouhličitany	70
Uhličitany	25
Sírany	32
Dusičnany	1,0
Rozpuštěné pevné látky	283
Ph	8,9
Teplota	24°C

Geotermální vody lze dělit také podle obsahu solí na:

- Sladké vody – tyto vrty jsou konstrukčně jednoduché a mají široké využití (v zemědělství, průmyslu nebo pro terapeutické účely). Není nutná reinjektáž.
- Poloslané (brakické) vody – voda se nejčastěji používá pro terapeutické účely a je zde nutnost provádět reinjektáž.
- Slané vody (10-35 g/l) – využívá se zde Ti-výměník tepla a ochrana, popřípadě ošetření, vrtů. Provádí se reinjektáž.
- Solné roztoky (přes 35 g/l) – velice problematické až hazardní využití. [2]

2.4.2 Teplotní dělení

Vodonosné vrstvy se dělí na několik kategorií:

- Zdroje o teplotě vyšší než 150°C - mají vysokou entalpii. Tyto zdroje je možno využívat k přímé výrobě elektrické energie.
- Zdroje o teplotě 80 – 150°C - mají střední entalpii. Tyto zdroje je možno využívat k výrobě elektrické energie pouze prostřednictvím binárních cyklů geotermálních elektráren.
- Zdroje o teplotě 50 – 80°C - mají nízkou entalpii. Tyto zdroje je možno využít k přímému vytápění prostor.
- Zdroje o teplotě 20 - 50°C - mají velice nízkou entalpii. Tyto zdroje lze také využít k vytápění. [3]

2.4.3 Geologické dělení

Z hlediska geologického se zdroje dělí na čtyři základní systémy:

- Rozsáhlé vodonosné vrstvy sedimentárního charakteru s kontinuálními fyzikálními vlastnostmi na sedimentárních rovinách
- Přerušované sedimentární plochy, zvrásněné zóny nebo propadliny, které jsou přerušované vodonosné vrstvy povětšinou tektonickou činností
- Čerstvé vulkanické oblasti, kde se tepelný zdroj nachází blízko povrchu, a obsahuje geotermální pole s vysokou entalpií
- Krystalické základy, které obsahují zlomové systémy, kde se vyskytují geotermální vody.[2]

2.5 Vrtací technika

Základní jednotka celé vrtací techniky je bezesporu vrtná souprava, která pohání celý proces. Spirálové tyče nasazené na vrtné soupravě mají na svém konci buďto třílísté dláto, valivé dláto nebo vrtací korunku. Vše se odvíjí od struktury podloží v němž vrtáme. Třílísté dláto je ideální pro jíly a hlíny, dláto valivé se zase hodí na podloží štěrkové a prachovcové. V případě, že vrtáme do tvrdé horniny, použijeme vrtací korunku, která má sice nižší životnost, ale vysokou účinnost. Každý vrt bývá do určité hloubky nezpevněný. Právě proto se používají pažnice, které zpevňují celý vrt po jeho obvodu. Celý vrt může být hluboký až 150

m, a proto je nutnost využívat vrtné tyče, které se do sebe šroubují a tím umožňují samotné vrtání. Celým vrtem se následně protahuje potrubí z polyethylenových hadic, velice odolných proti veškerým vlivům, jako je prorůstání, tlak a teplota pod zemí. Tyto hadice jsou plněny nemrznoucím médiem, které neustále cirkuluje.

Jednotlivé komponenty vrtací techniky jsou zobrazeny na obrázcích č. 2 až č. 9.



Obrázek č. 2: Pažnice



Obrázek č. 3: Vrtací korunka



Obrázek č. 4: Valivé dláto



Obrázek č. 5: Polyetylenové hadice plněné nemrznoucím médiem



Obrázek č. 6: Vrtná souprava HVS 3XX



Obrázek č. 7: Trílisté dláto



Obrázek č. 8: Vrtné tyče



Obrázek č. 9: Spirálové tyče s vrtným dlátem

2.6 Používané technologie

Technologie využívání zemního tepla závisí na přírodních podmínkách, které panují v dané lokalitě.

Hlavní podmínky (typy):

- Suché zemské teplo hornin (suché vrty)
- Podzemní vody (vrty, studnice)
- Půdní vrstvy (zemní kolektory)
- Vzduch (jakýkoli vzduch s dostatečnou teplotou)

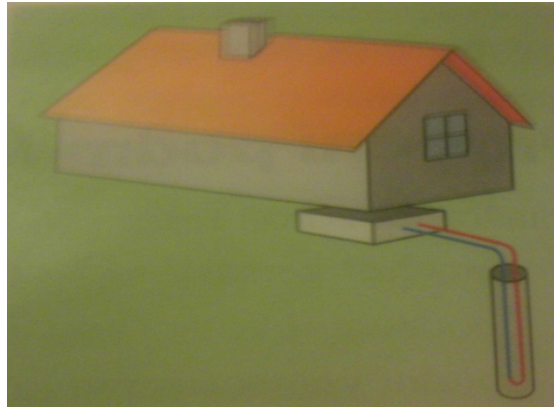
V závislosti na lokalitě a podmínkách rozlišujeme technologie:

- Systém země/voda
 - z podloží
 - z půdy
- Systém vzduch/voda
 - z okolního vzduchu
 - z odpadního vzduchu
- Systém voda/voda
 - z povrchových vod
 - z podzemních vod

2.6.1 Země/voda

- Z podloží

Nejčastěji se používají hlubinné vrty. Podloží v okolí vrtu je ochlazováno polyethylenovým potrubím naplněným nemrznoucí směsí. Je to nejrozšířenější a nejvyužívanější systém. Vykazuje vynikající roční topný faktor, ale za cenu vyšších počátečních nákladů. Vrty mají hloubku od 50 do 150 m s minimální roztečí 10 m, aby se navzájem neovlivňovaly. Na jeden 140 m hluboký vrt (nebo dva 70 m hluboké) se vyžaduje tepelné čerpadlo o výkonu přibližně 10 kW. Na jeden kW výkonu tepelného čerpadla je tedy potřeba zhruba 15 m hloubky vrtu. Samozřejmě v závislosti na geologických podmínkách. [4]



Obrázek č. 10: Tepelné čerpadlo v systému země/voda – z podloží

- Z půdy

Druhý způsob spočívá ve využití půdního kolektoru. Půda je ochlazována tepelným výměníkem z polyethylenového potrubí plněného nemrznoucí směsí a uloženého do hadovitého výkopu. Zřejmě druhý nejrozšířenější systém, který nabízí oproti vrtům nižší pořizovací náklady za cenu slabšího průměrného topného faktoru. [4]



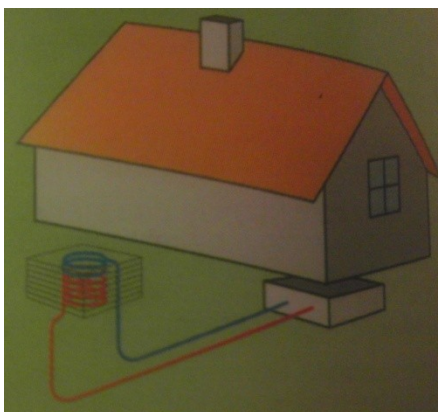
Obrázek č. 11: Tepelné čerpadlo v systému země/voda – z půdy

2.6.2 Vzduch/voda

- Z okolního vzduchu

Jde o třetí nejrozšířenější systém. Nabízí velmi dobrý průměrný topný faktor a to hlavně v oblastech s menším počtem mrazivých dnů a v mírnějším pásmu. Vyniká velice snadnou instalací a nízkými pořizovacími náklady. Jeho největší nevýhoda spočívá v tom, že když teplo nejvíce potřebujeme, tak systém

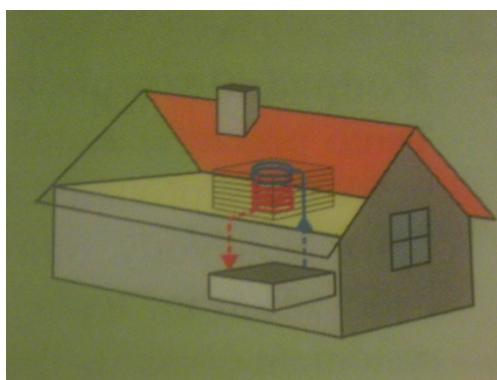
pracuje s nejnižším topným faktorem. Jde o období mrazů. Vykazuje také určitou hlučnost. [4]



Obrázek č. 12: Tepelné čerpadlo v systému vzduch/voda – z okolního vzduchu

- Z odpadního vzduchu

Vzduch odváděný větracím systémem objektu s relativně vysokou teplotou se ochlazuje a vytváří energii. Tepelné čerpadla můžou pracovat i v podmínkách, kde jiné systémy již nemohou. Jde o tzv. systém rekuperace energie. [4]



Obrázek č. 13: Tepelné čerpadlo v systému vzduch/voda – z odpadního vzduchu

2.6.3 Voda/voda

- Z povrchových vod

Voda v rybníku nebo voda tekoucí se může ochlazovat tepelným výměníkem. Musíme dávat pozor, aby voda ve výměníku nezamrzla. Zásadní problém této technologie je znečištění povrchové vody a její mineralizace, která způsobuje zanášení výměníku, potažmo celého potrubí. Při větší vzdálenosti vytápěného objektu od zdroje se může stavba potrubí velice předražit a učinit tak

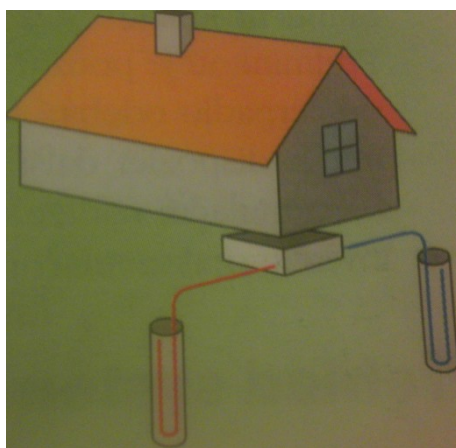
tuto technologii zbytečnou a nepoužitelnou. Tato technologie je v zimě skoro nepoužitelná a celkově velice ojedinělá. [4]



Obrázek č. 14: Tepelné čerpadlo v systému voda/voda – z povrchových vod

- Z podzemních vod

Zdrojem tepla je spodní voda. Ta se jímá ze zdrojové studny a po ochlazení se vrací zpět do studny vsakovací. Její výhodou je nejvyšší průměrný roční topný faktor při nejnižších nákladech. Je to hlavně díky teplotě spodních vod, které si celoročně udržují konstantní teplotu zhruba 9°C (měřeno v hloubkách 10 m a víc). Základní podmínkou je, aby na pozemku byla velice vydatná studna. [4]



Obrázek č. 15: Tepelné čerpadlo v systému voda/voda – z podzemních vod

3 EKOLOGICKÁ STRÁNKA

Ekologická stránka je dnes alfou a omegou snad ve všech odvětvích a náš zdroj alternativní obnovitelné energie není výjimkou. Nikdo dnes nestojí o vysoké pokuty a sankce za překročení limitů, které jsou striktně stanoveny, nebo o

jakékoliv ekologické katastrofy zapříčiněné nedbalostí, popřípadě nedostatečnou prevencí. Pokud využíváme zdroje matky země, nesmíme jí to zle oplácet. Každá ekologická katastrofa má velké následky a to většinou dlouhodobé.

3.1 Ekologická stránka u velké produkce

Geotermální energie, sloužící k výrobě elektrické energie nebo pro vytápění, je úzce spjata s produkcí přehřáté páry nebo horké vody z vrtů. Tak jako u jiných zdrojů energie i tady musí být každá lokalita pečlivě posouzena z hlediska možných nepříznivých změn na životní prostředí. Dochází zde k takzvané cirkulaci. Tedy větší část páry nebo vody je znovu zaváděna do podzemí. Že se jedná o ohromné množství, skvěle dokládá tento příklad: Geotermální elektrárna o kapacitě 100 MW potřebuje k ochlazení o 100°C zhruba 230 l vody za sekundu. Tak enormní spotřeba vody je hlavním faktorem v úvahách o vlivu této energie na životní prostředí a to hlavně z těchto důvodů:

- Můžeme narušit bilanci podzemních vod díky změně tlaků v pórech hornin, v případě, že opětovně nezavedeme kapaliny pod zem zcela správně, může dojít dokonce k poklesům povrchu.
- Do ovzduší mohou unikat plyny typu oxid uhličitý nebo sirovodík.
- Můžou se rozpouštět minerály hornin.
- Může dojít k podchlazení hornin a projevit se změna v geotermálním rezervoáru.
- Může dojít k uvolnění značného množství tepla do atmosféry.
- Okolí může být postiženo nadměrným hlukem.
- Při stavbě komponentů může dojít ke změnám povrchu a okolí. [8]

Současné analýzy rizik definuje standard Evropské unie č. 85/337/EEC. Nazývá se „Riziková analýza veřejných projektů, které mají vliv na životní prostředí“. Tento standard definuje, že těžba minerálních zdrojů a geotermální energie spadá do tohoto okruhu. Tato riziková analýza popisuje procesy a hodnotí jeho vlivy na obyvatele a životní prostředí. Musí být také doloženo, že projektant a provozovatel mají zkušenosti s využíváním geotermálních zdrojů. [8]

Geotermální energie se získává z míst, které obsahují horké vody a plyny a ty bývají silně mineralizované. Díky tomu se na zemský povrch dostávají škodlivé látky. Z rozpuštěných látek to bývá nejčastěji sodík a draslík ve formě chloridů, karbonátů a síranů spolu s menším množstvím těžkých kovů. Na zemský povrch se také dostávají plyny. Nejčastěji sirovodík a oxid uhličitý.

Využívání vod chladnějších o teplotě zhruba 60 °C je charakterizováno nižšími obsahy plynů a minerálních látek. Takové vody využíváme například pro léčebné účely. Naproti tomu vody o teplotě 70°C a víc získávané z hloubek 1-2 km obsahují až 100 g rozpuštěných látek v litru. Taková voda často způsobuje silnou korozi potrubí. A proto úprava takových vod vyžaduje značné množství chemikálií. Elektrárny využívající ke své výrobě horkou vodu nebo páru o teplotě nad 150°C produkují velké množství odpadů. Podle některých studií a záznamů je to zhruba 10 t odpadu na 1 MW vyrobené elektrické energie. Například systém horké suché páry na výrobu elektrické energie neprodukuje skoro žádné škodlivé plyny. Pokud porovnáme elektrárnu geotermální vysokoteplotní a uhelnou, zjistíme, že uhelná elektrárna vykazuje více než dvacetinásobnou produkci škodlivého oxidu uhličitého. Pro představu můžeme uvést hodnoty emisí oxidu uhličitého z vysokoteplotních geotermálních zdrojů využívaných k výrobě elektrické energie (15–350 g/kWh) jsou mnohem nižší než při spalování zemního plynu (450 g/kWh), ropy (900 g/kWh) a uhlí (1040 g/kWh). To stejné platí i pro hodnoty oxidů síry, ale číselné údaje nejsou bohužel k dispozici. [8]

3.2 Ekologická stránka u soukromé produkce

Pokud se zaměříme na ekologickou stránku při vytápění malých objektů a rodinných domů, dozvíme se, že i zde je provoz velice ekologický a šetrný k životnímu prostředí. Při porovnání spotřeby primární energie pro výrobu elektřiny v tepelné elektrárně a spotřeby kotle v rodinném domku, dokážeme, že tepelné čerpadlo snižuje spotřebu primární energie (energie obsažená v palivu). Díky tomu je snížena produkce emisí v elektrárně.

Pro příklad můžeme uvést, že pokud spálíme uhlí v běžném kotli v rodinném domě o účinnosti 60%, získáme naprosto stejné množství tepla, které bychom získali při využití tepelného čerpadla poháněného elektrickou energií.

Ačkoliv rozdíl vyprodukovaného množství emisí u spalování uhlí a při využití tepelného čerpadla je enormní. Oproti systémům využívajícím uhlí nebo dřevo má systém tepelného čerpadla další ekologickou výhodu a tou je ta, že elektrárny jsou na rozdíl od rodinných domů vybaveny odsiřovacími a odprašovacími jednotkami, které také výrazně přispívají životnímu prostředí. [4]

Samotné tepelné čerpadlo je ekologické, protože nám poskytuje vysoký uživatelský komfort zapříčiněný plně automatickým chodem a programovatelnému řízení. Systém je také v podstatě bezúdržbový. Uživatel se nemusí starat o údržbu komína, dodávku paliva. To vše snižuje provozní náklady a zbytečnou spotřebu energie. Jsou třeba pouze minimální uživatelské zásahy. [4]

3.3 Environmentální aspekty vs. technické využití

Starší elektrárny, hlavně v rozvojových zemích, vůbec nepočítaly se zpětnou injektáží pod povrch zemský. Ani tak ne z důvodu technologických neznalostí, ale hlavně z ekonomických důvodů. A to často zapříčiňovalo nadměrné znečištění povrchových vod. U novějších typů geotermálních elektráren nachází nereinjektované vody využití. V Kalifornii například, kde převládají suché podmínky, využívají tuto vodu k zavlažování. Tím šetří zásoby pitné vody.

I přes to, že elektrárny využívající zemské teplo jsou šetrné k životnímu prostředí, z technického hlediska nejsou tak účinné jako elektrárny konvenční, a proto je jejich využití složitější. Výhodné je kombinovat tuto technologii na výrobu tepla i elektrické energie zároveň. Obecným problémem většiny elektráren je odpadní teplo. Ale možností, jak se s ním vypořádat, máme více. Například smícháním s říční povrchovou vodou nebo chladicími věžemi. Toto je velice často diskutované téma, neboť chladicí věže a různá potrubí narušují ráz krajiny. Nešetrný je také hluk způsobený výstavbou těchto komponentů a vrtů. Přesto jsou daleko příjemnější a ohleduplnější než konvenční elektrárny. Ty vyžadují transport energetických zdrojů a popřípadě ukládání nebezpečného odpadu pomocí různých metod. Odpad bývá navíc často radioaktivní. [8]

4 GEOTERMIE V ŽIVOTĚ A V PRAXI

4.1 Geotermální lázně

Největšího využití v běžném životě na poli geotermální energie dosahují termální lázně - v České republice příliš nerozšířené, zato díky Slovákům velice známé. Naši východní sousedé disponují přibližně 40 termálními lázněmi, které dohromady obsahují přes 1400 geotermálních pramenů. Tyto lázně se stávají velice rozšířenými a oblíbenými cílovými stanicemi mnoha lidí, kteří hledají klidnou dovolenou, která prospěje jejich zdraví a zároveň nemusí daleko k moři. Teplota pramenů většinou překračuje 30 °C a mnohdy dosahuje až k 40 °C, a proto je koupání v těchto lázních vhodné celoročně. Koupání v takových přírodních blahodárných vodách je nejen perfektní relaxace, ale zároveň i zdraví prospěšná činnost. Tyto lázně se samozřejmě nenachází jen na Slovensku, ale také i v Rakousku v Alpách, kde si lyžař může po náročném dni uvolnit svalstvo v lázních, v Německu, Maďarsku, Norsku a ve Slovinsku. (net)



Obrázek č. 16: Geotermální lázně Modrá laguna (Reykjavík)

4.2 Tepelná čerpadla

Největší využití u nás mají systémy země/voda. Tato metoda zažívá v posledních letech velkou expanzi v počtu zájemců, protože ceny energií stále rostou a TČ vykazuje zhruba poloviční nákladnost než například vytápění plynem. Proto už domy využívající tepelné čerpadlo nejsou raritou. Tato technologie nabízí vynikající průměrný roční topný faktor. Jediná nevýhoda je ve výši pořizovacích nákladů, ovšem toto je odvětví, kde se nejméně oplatí šetřit. Pořizovací cena

celkového systému na vytápění domů nebo malých objektů se pohybuje kolem 400 tisíc Kč. Tyto náklady se ovšem vrátí. Návratnost investice je odhadována na 10–25 let, podle způsobu využívání tohoto systému. Systém je navíc plně automatický a ekologicky šetrný, takže nabízí spoustu výhod, a proto spoustu nových domů bývá vybaveno právě tímto způsobem vytápění. [4]

4.3 Výroba elektrické energie

4.3.1 Ve světě

K výrobě elektrické energie je zapotřebí nasycená pára o teplotě minimálně 140°C. Výroba elektrické energie z geotermálních zdrojů je typická hlavně pro USA, která vykazuje velice dobré podmínky pro výrobu elektrické energie právě ze zdrojů hlubin země.

Tímto se zabývají hlavně státy na západním pobřeží, kde se výrobní kapacita pohybuje v řádech tisíců MW. I tak se ovšem jedná o 1 % v celkovém zastoupení zdrojů elektrické energie na tomto kontinentě. Ovšem tamní vědci jsou přesvědčení o tom, že tato technologie má obrovský potenciál a budoucnost. [5]

4.3.2 Česká republika

V České republice bohužel nemáme vhodné geologické podmínky pro využívání geotermální energie, a proto u nás účinnou a ekonomicky prospěšnou elektrárnu vyrábějící elektrickou energii právě z geotermálního zdroje najdete jen velmi těžce.

Přístup k této energii z hlubin země je v takových hloubkách, že je ekonomicky silně nevýhodný a technicky téměř nedosažitelný. [13]

5 VÝHODY, NEVÝHODY A VYUŽITÍ GEOTERMIE, EFEKTIVITA A EKONOMICKÁ NÁVRATNOST

5.1 Výhody

- Jedná se o plně automatický provoz s perfektní regulací (v podstatě se jedná o elektrické vytápění).
- Systém dodá několikanásobně více energie než sám spotřebuje (průměrně třínásobek).
- Produkuje nulové emise, je to tedy ekologicky naprosto čistý provoz.
- Ekologicky šetrný je i z důvodu, že snižuje spotřebu elektrické energie v objektu oproti klasickému elektrickému vytápění.
- Systém vykazuje nižší požadavky na instalovaný příkon.
- Jednoduše dostupná energie pro pohon (elektrickou přípojku najdeme v podstatě kdekoli).
- Jednorázová pořizovací investice, která se v průběhu života vrací.
- Na rozdíl od větrných nebo solárních zdrojů probíhá dodávka energie průběžně a celoročně.

5.2 Nevýhody

Pokud zde zmiňujeme výhody, bylo by nevhodné zde nezmínit i nevýhody, které se tohoto systému týkají.

- Náklady na pořízení jsou velice vysoké. Závisí na typu tepelného čerpadla a tepelných ztrátách vytápěného domu. Náklady se pohybují od 250 do 450 tisíc Kč.
- Pro pohon se používá elektrická energie, která se neřadí mezi obnovitelné zdroje.
- Výstupní teplota topné vody je maximálně 55°C, tudíž je nutná nákladnější otopná soustava - nízkoteplotní.
- Systém voda/voda vykazuje nutnost provedení čerpací zkoušky kvůli vodnatosti pramene. Dále je potřeba provést chemickou analýzu kvůli

dodržení limitů pH a tvrdosti vody. Samozřejmě nesmíme zapomenout na základní podmínku tohoto systému a tou je dostatečně propustné podloží.

- Systém země/voda potřebuje dostatečný prostor pro zemní kolektor a nelze na této ploše poté stavět základy domu, bazén nebo jiné objekty.

5.3 Využití

Největší využití u nás ve střední Evropě mají systémy země/voda. Ať už je to teplo získané z podloží nebo z půdy. Tato technologie je velice rozšířená a nabízí vynikající průměrný roční topný faktor. Jediná nevýhoda je ve výši pořizovacích nákladů, ovšem toto je odvětví, kde se nejméně oplatí šetřit.

Třetí nejrozšířenější systém je systém vzduch/voda a to konkrétně při využití okolního vzduchu. Vyniká dobrými hodnotami pro průměrný roční topný faktor a zároveň pořizovací náklady jsou nižší než u jiných systémů. Využití nachází jen v oblastech s méně kolísavou teplotou a životnost systému je menší, ale i přes tyto menší nevýhody jde o velice atraktivní zdroj energie.

Pokud bydlíme v oblasti s vhodnými geologickými podmínkami, je výbornou volbou systém voda/voda, konkrétně podzemní vody. Podzemní vody musí mít bohatou vydatnost a nesmí obsahovat mineralizovanou vodu, jinak hrozí poškození TČ. Systém z vod povrchových nenachází velké uplatnění, protože najít vhodný zdroj, lokalitu a podmínky je téměř nemožné. Proto jde o ojedinělý systém s minimálním využitím. Nejvíce využívaným typem tepelného čerpadla jsou kompresorové čerpadla. [4]

Tabulka č. 3 znázorňuje systém a jeho možnosti využití.

Tabulka č. 3: Možnosti použití jednotlivých typů čerpadel [4]

Typ čerpadla	Možnosti použití
Vzduch/voda	Ústřední vytápění, univerzální typ
Vzduch/vzduch	Klimatizace, teplovzdušné vytápění, doplňkový zdroj tepla
Voda/voda	Geotermální energie, teplovodní vytápění, využití odpadního tepla
Nemrznoucí kapalina/voda	Univerzální typ pro teplovodní vytápění, zdrojem tepla nejčastěji vrt nebo půdní kolektor
Voda/vzduch	Teplovzdušné vytápěcí systémy

V oblasti geotermální energie má nejčastější využití systém voda/voda, hlavně zdroje o vyšších teplotách. V tabulce č. 4 si ukážeme příklady využití těchto geotermálních zdrojů. [2]

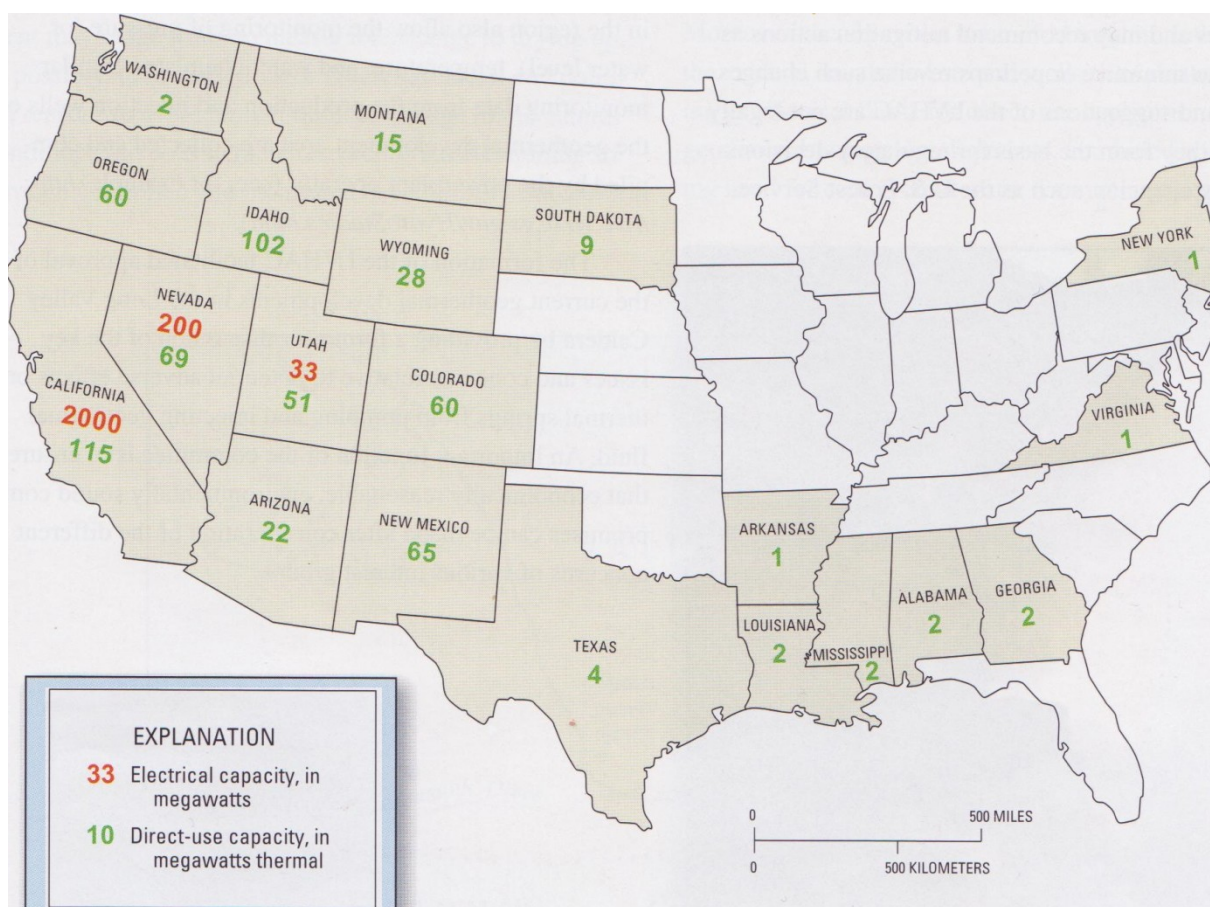
Tabulka č. 4: Systém voda/voda a jeho využití při dané zdrojové teplotě

Forma vody	Teplota °C	Využití	Možnost výroby elektrické energie
Nasycená pára	180	Odpařování vysoce koncentrovaných roztoků, vyluhování	ANO
Nasycená pára	170	Výroba těžké vody pomocí sirovodíku	ANO
Nasycená pára	160	Sušení dřeva, rybí moučky	ANO
Nasycená pára	150	Výroba hliníku Bayerovým procesem	ANO
Nasycená pára	140	Vysoce intenzivní sušení produktů farem, konzervářský průmysl	ANO
Nasycená pára	130	Odpařování při rafinaci cukru, extrakce solí odpařováním	NE
Nasycená pára /voda	120	Výroba čisté vody destilací, koncentrování solných roztoků	NE
Nasycená pára /voda	110	Sušení a ošetřování cementových desek	NE
Nasycená pára /voda	100	Sušení organických materiálů, rostlin, trávy, praní a sušení vlny	NE
Voda	90	Sušení zásob ryb, intenzivní odstraňování námrazy	NE
Voda	80	Vytápění prostor a meziskladů	NE
Voda	70	Chlazení	NE
Voda	60	Živočišná výroba	NE
Voda	50	Pěstování hub, lázně	NE
Voda	40	Oteplování půdy	NE
Voda	30	Plavecké bazény, fermentace, biodegradace	NE
Voda	20	Rybí farmy	NE

Velice časté využívání geotermálních energií je v oblasti cestovního ruchu (termální koupaliště, hotelové klimatizace, vytápění, rekreační areály apod.).

V odvětví zemědělství a výživy je tento zdroj alternativní obnovitelné energie taky velice rozšířený. Ať už jde o sušení ryb, pěstování hub nebo samotné vytápění skleníků. [1]

Mezi země, které se intenzivně zabývají využitím geotermální energie, patří bezpochyby USA. [5]



Obrázek č. 17: Mapa využití geotermální energie v USA

Na obrázku č. 17 můžeme vidět, že země u západního pobřeží využívají potenciál a přírodní zdroje z hlubin země jak jen to jde. Nejvíce se využitím zemského tepla k výrobě elektrické energie zabývají státy Kalifornie a Nevada. Naopak téměř celá východní část Severní Ameriky nedisponuje žádným potenciálem. Na mapě nejsou zobrazeny Havajské ostrovy, které jsou z větší části zásobeny elektrickou energií hlavně díky geotermální energii. Celá Havaj je totiž tvořena vulkanickou činností a ta je velice úzce spjata se zemským teplem.

Poslední oblast, která není na obrázku, je Alaska. Ta disponuje v současné době geotermální energií o síle zhruba 5 MW, což je zhruba na úrovni Texasu. [5]

5.4 Efektivita a ekonomická návratnost

Tato kapitola bude pojednávat o efektivitě využívání tepelného čerpadla a tím jeho ekonomické stránce.

Dlouhodobě zažitá názory, že využití této energie začíná být ekonomicky výhodné jen v oblastech, kde se horká voda nebo pára nachází v hloubkách maximálně 3 km, se vyvrátily s nástupem moderních tepelných čerpadel. Díky nim začaly tuto energii hojně využívat i geologicky chladné země, jako například Švýcarsko, Norsko nebo Švédsko. Ze Švýcarska se pomalu stává velmoc ve využívání tohoto zdroje alternativní obnovitelné energie, když zaznamenává růst v počtu instalací tepelných čerpadel zhruba 10% rok co rok. [8]

5.4.1 Investice do tepelného čerpadla

Investice do tepelného čerpadla je investice dlouhodobá, jednorázová, ale poměrně dost vysoká. Jedná se o investici, u které se nevyplatí šetřit. V tomto případě ušetřit pár desítek tisíc při realizaci může znamenat mnoho nejen finančních negativních dopadů do budoucna.

Při výběru správného modelu bychom měli být opatrní, poradit se s odborníky a zvolit osvědčené čerpadlo od firmy s dlouholetou tradicí. I v této oblasti se nevyplatí šetřit. Velice levné čerpadlo od mladé a poměrně neznámé firmy není dobrá volba. Zvláště v dnešní době se může velice vymstít.

5.4.2 Investice a její návratnost

Celková cena včetně materiálu, vrtných prací a instalace se může vyšplhat až k 400 tisícům. Samozřejmě hodně záleží na zvolené technologii a typu tepelného čerpadla.

Odměnou nám je ekologický, bezproblémový a plně automatický provoz, který nám celoživotně šetří peníze oproti jiným technologiím vytápění domu.

Náklady na vytápění a provoz průměrného rodinného domu jsou poloviční oproti vytápění např. zemním plynem. Užitečné srovnání nám poskytuje tabulka č. 5. [4]

Tabulka č. 5: Srovnání všech nákladů u různých druhů paliva

Druh paliva	Náklady na vytápění Kč/rok	Náklady na ohřev vody Kč/rok	Náklady na provoz spotřebičů Kč/rok	Celkové náklady Kč/rok
Tepelné čerpadlo	9206	2322	5165	16693
Palivové dřevo	6370	3810	11407	21586
Hnědé uhlí	11288	4327	11407	27021
Černé uhlí	12928	4499	11407	28834
Dřevěné palety	15501	4770	11407	31677
Koks	17991	5031	11407	34429
Zemní plyn	18852	4756	12478	36087
Dřevěné brikety	20000	5243	11407	36649
Štěpka	21000	5348	11407	37754
Elektřina akumulace	26769	6754	11874	45397
Elektřina přímotop	31172	7864	6878	45915
Lehký topný olej	27689	6986	12478	47152
propan	37976	9581	12478	60035

Návratnost investice do tepelného čerpadla je zhruba 10-25 let. Opět velice záleží na typu zvolené technologie a tepelným čerpadlem. A v poslední řadě

na to má vliv každý člověk díky své jedinečnosti. Někdo vyžaduje hygienu dvakrát denně v plné vaně, někomu stačí krátká sprcha. Jeden si zatopí v domě na 21°C a druhý vyžaduje 22,5°C. Všechny tyto faktory mají velký vliv na době návratnosti této technologie.

6 BUDOUCNOST

Budoucnost je nakloněna všem alternativním zdrojům energií, hlavně těm obnovitelným a víceméně nevyčerpatelným. Mezi ty se řadí geotermální energie, která patří k těm nejvýhodnějším a nejperspektivnějším. Dnes už víme, že zásoby ropy a zemního plynu se zmenšují a je třeba zavčas hledat spolehlivé, ekonomické a ekologické zdroje, které tyto neobnovitelné zdroje nahradí.

6.1 Česká republika

Vzhledem k neustále rostoucím cenám veškeré energie je tento obnovitelný zdroj energie velice lukrativní a zajímavý. Nabízí daleko nižší náklady na provoz, minimální údržbu, ekologický provoz, spoustu výhod oproti ostatním alternativním zdrojům elektrické energie. A to jsou důvody, proč zájem o tento zdroj neustále roste a to i přesto, že jeho pořizovací cena je vysoká a návratnost dlouhá.

Vzhledem k neustálému vývoji technologií v tomto směru se počítá, že průměrný tepelný roční faktor se bude zvyšovat, provozní náklady se zvyšovat nebudou, pořizovací ceny by neměly stoupat a technologie by se tak měly v budoucích letech stát dostupnější pro všechny, protože potenciál je obrovský.

Využití geotermální energie ve formě elektráren na výrobu elektrické energie a vytápění se v České republice nepraktikuje. Ovšem určité plány a studie zde jsou. Například město Litoměřice má vypracovaný podrobný a reálný plán na zásobování celého města energií.

Jelikož geologická aktivita v oblasti České republiky je nízká, hloubka vrtů nutných k efektivnímu chodu musí být několik kilometrů. Toto je ovšem hudba budoucnosti, jelikož celý projekt vyžaduje investici ve výši přesahující 1 miliardu korun. Město spoléhá na dotaci od Evropské unie. Pokud se tak stane a město

v nejbližších letech dotaci obdrží, mohli bychom se stát svědky první vlaštovky v České republice. [13]

7 ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce si kladla za cíl popsat obecnou charakteristiku geotermální energie. V jednotlivých kapitolách byly popsány základy geotermie, vlivy s tím spojené, základní charakteristika a princip tohoto zdroje alternativní energie z hlubin země. Poté byla zmíněna vrtací technika, kterou se provádějí vrty důležité k přístupu ke zdroji energie.

Následně se práce věnovala technologiím, které se využívají při komerčním využití geotermální energie. U jednotlivých technologií jsme zmínili pořizovací náklady, jejich výhody a samozřejmě využití u jednotlivých technologií. Pro lepší představivost je ke každé technologii přiložen jednoduchý obrázek znázorňující každou technologii zvlášť.

Další kapitola se věnovala stránce ekologické, protože to je v dnešní době velice sledované téma, na které se klade obrovský důraz. Zde bylo popsáno, že tato energie je velice šetrná k životnímu prostředí a to je její obrovská výhoda. Vyprodukované emise jsou minimální, hluchnost také a ekologické dopady na blízké okolí objektů a elektráren jsou nulové při dodržení všech bezpečnostních předpisů a pravidel.

V části „Geotermie v životě a v praxi“ byly popsány geotermální prameny. Ty jsou dobře známy široké veřejnosti a jejich účinky už poznal skoro každý jedinec trpící spoustou zdravotních problémů. Ne každý ovšem ví, že tyto zdroje jsou právě geotermálního původu z hlubin země. Následně byly popsány tepelná čerpadla, které jsou hlavním komponentem při využití v praxi. Zde byly uvedeny základní fakta této technologie využití zemního tepla. Poslední bod této kapitoly byl věnován výrobě elektrické energie ve světě a v České republice. Zatímco v určitých zemích se tento zdroj energie využívá vcelku hojně, Česká republika nemá vhodné podmínky pro využití.

Následně byly zmíněny výhody geotermální energie a jejího využívání. S tím bylo vhodné zmínit i jeho nevýhody, kterých je ovšem podstatně méně než

výhod. Dále byla část věnována využití nejen samotných systémů a technologií, ale i samotných teplot, kterých můžeme při využití dosáhnout.

V části „Efektivita a ekonomická návratnost“ bylo nastíněno, kdy se vyplatí investovat do tepelného čerpadla a za jak dlouho se nám průměrně tato investice vrátí. Byly zde zmíněny i náklady na údržbu domu, kde se systém tepelného čerpadla porovnával s ostatními a ukázala se tak jeho dlouhodobá návratnost. Ta je ovšem podmíněna vysokou počáteční investicí.

V poslední kapitole nazvané „Budoucnost“, se pojednává, zda geotermální energie má potenciál a budoucnost. Zde jsme došli k jasnému závěru, že má, protože se jedná o zdroj obnovitelný. Tato energie splňuje náročné požadavky dnešní doby, nemá složité požadavky a podmínky na získávání energie, má široké využití a je schopná nahradit energie z neobnovitelných zdrojů.

Celkově se jedná o velice zajímavý zdroj energie, který má obrovský potenciál a budoucnost a během následujících let se bude velice rozšiřovat a vyvíjet. Nabízí nám mnoho výhod oproti jiným obnovitelným a alternativním zdrojům. Zdroj je to v podstatě nevyčerpatelný a záleží pouze na lidech, jak se k tomuto zdroji postaví a jak moc využijí jeho potenciál, který je v podstatě neomezený.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]. KOLEKTIV AUTORŮ. *Využití netradičních zdrojů energie ve vytápění - sluneční, geotermální, bioplyn, odpadní teplo*. 1. vyd. Praha: Dům techniky ČSVTS, 1988, 136 s.
- [2]. HALATOVÁ, Jana. *Využití geotermální energie a její úloha v palivoenergetickém komplexu*. 1. vyd. Praha: ÚVTEI, 1985, 71 s.
- [3]. NOSKIEVIČ, Pavel a Jaroslav KAMINSKÝ. *Využití energetických zdrojů*. 1. vyd. Praha: VŠB - TUO, 1996, 91 s. ISBN 80-707-8378-8.
- [4]. BERANOVSKÝ, Jiří a Jan TRUXA. *Alternativní energie pro váš dům*. 2., aktualiz. vyd. Brno: EkoWATT, 2004, 125 s. ISBN 80-865-1789-6.
- [5]. DUFFIELD, Wendell A a J SASS. *Geothermal energy: clean power from the Earth's heat*. Reston, Va.: U.S. Geological Survey, 2003, 36 s. U.S. Geological Survey circular, 1249. ISBN 06-079-3723-8.
- [6]. *Mining and construction*. Stockholm: Alloffset AB, 2011, č. 3. ISSN 0284-8201.
- [7]. *Mining and construction*. Stockholm: Alloffset AB, 2012, č. 1. ISSN 0284-8201.
- [8]. *Planeta: Odborný časopis pro životní prostředí*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2007, roč. 15, č. 4. ISSN 1801-6898. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/\\$file/planeta4_korektura3.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/$file/planeta4_korektura3.pdf)
- [9]. NACHTMANNOVÁ, Iva. Geotermální energie v ČR: Zapomenuté teplo z hlubin. Dostupné z: <http://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/geotermalni-energie-v-cr-zapomenute-teplo-z-hlubin>
- [10]. Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství: horní zákon. In: 44/1988 Sb.
- [11]. Zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě. In: 61/1988 Sb.

- [12]. Zákon o geologických pracích. In: 62/1988 Sb. Dostupné z:
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/d058aefaaaaee5ddfc1257015003636e6?OpenDocument>
- [13]. Geotermální energie. [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z:
http://www.project-gjj.ic.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=33
- [14]. Termální lázně Slovensko. In: [online]. [cit. 2012-04-23]. Dostupné z:
<http://www.spamagazin.cz/termalni-lazne-slovensko/>
- [15]. Geotermální lázně Modrá laguna: Reykjavík. In: [online]. [cit. 2012-04-23].
Dostupné z: <http://island.tripzone.cz/reykjavik/fotogalerie/geotermalni-lazne-modra-laguna-4260>

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek č. 1: Struktura Země a rozdělení teplot</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek č. 2: Pažnice</i>	<i>7</i>
<i>Obrázek č. 3: Vrtací korunka.....</i>	<i>3</i>
<i>Obrázek č. 4: Valivé dláto</i>	<i>8</i>
<i>Obrázek č. 5: Polyethylenové hadice plněné nemrznoucím médiem</i>	<i>8</i>
<i>Obrázek č. 6: Vrtná souprava HVS 3XX</i>	<i>8</i>
<i>Obrázek č. 7: Třílísté dláto</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek č. 8: Vrtné tyče.....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek č. 9: Spirálové tyče s vrtným dlátem.....</i>	<i>9</i>
<i>Obrázek č. 10: Tepelné čerpadlo v systému země/voda – z podloží</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek č. 11: Tepelné čerpadlo v systému země/voda – z půdy</i>	<i>11</i>
<i>Obrázek č. 12: Tepelné čerpadlo v systému vzduch/voda – z okolního vzduchu</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek č. 13: Tepelné čerpadlo v systému vzduch/voda – z odpadního vzduchu</i>	<i>12</i>
<i>Obrázek č. 14: Tepelné čerpadlo v systému voda/voda – z povrchových vod</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek č. 15: Tepelné čerpadlo v systému voda/voda – z podzemních vod.....</i>	<i>13</i>
<i>Obrázek č. 16: Geotermální lázně Modrá laguna (Reykjavík)</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek č. 17: Mapa využití geotermální energie v USA</i>	<i>23</i>